

# 子どもの深い科学概念理解を志向した 理科授業デザインに関する考察 — 理科教授・学習プロセスマップ改良の検討 —

小野瀬 倫也

【キーワード】 教員養成・育成・研修，理科教授・学習プロセスマップ

## はじめに

教師の大量退職・大量採用の影響によって経験の浅い教員が増加している。こうした中，教育課程や授業方法の改善を図るため，様々な方策が打ち出されている。例えば，2016年（平成28年）11月の教育公務員特例法等の一部改正により，「公立の小学校等の校長及び教員としての資質の向上に関する指標」（文部科学省，2017a）が策定された。この指標の策定から，キャリアステージ（段階）や基本的な視点や内容（観点）について教員育成指標を設定するという第一歩が踏み出されたのである。具体的には，図1に示すような新たな教員研修計画の枠組みのイメージが想定されている（文部科学省，2017b）。

一方，各教科の指導，つまり教科教育に目を転じたとき，例えばこれらに関わる教員の資質・能力の具体の一つである「理科授業をデザインする資質・能力」についての理論化は正にこれからの課題であ

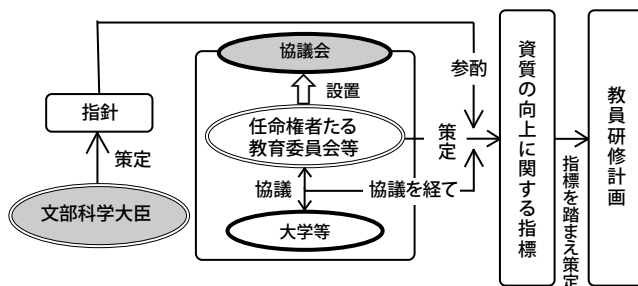


図1 新たな教員研修体制のスキームのイメージ

り，その理論化に向けた議論を進め，授業実践を通して検証することは急務となっている。

こうした中，2017年に告示された小学校学習指導要領においても，「教師の世代交代が進むと同時に，学校内における教師の世代間のバランスが変化し，教育に関わる様々な経験や知見をどのように継承していくか」が課題とされた（文部科学省，2017c）。日本の教員育成においては，従来から先輩教員から若手教員へと授業に関する知識や技能

を伝達してきたり、自治体が設置する教育委員会が行う研修を受講したり、自主的なグループの研究会で活動すること等を中心として教員の育成が為されたりしてきた。

このように、教師に求められる資質・能力が高度化していることを鑑みると、理科授業において教師に求められることは「子どもがより深く科学的概念を理解し、汎用的に活用できる知識を獲得する為の授業をデザインすること」である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の2点である。

1. 子どもがより深く科学概念を理解し、汎用的に活用できる知識を獲得する為の理科授業デザインの視点を導出する為の理論的背景を整理すること
2. 上記1. をふまえて、理科の授業構想に必要な視点と理科教授・学習プロセスマップの改良の視点として具体的にまとめること

これらのことは、2017年に告示された学習指導要領の全面实施を目前に、学校現場において議論されている内容とも重なる。

## 3. 研究の内容

筆者らはこれまで、構成主義的な視点からの理科授業の分析の枠組みとして「教授・学習プロセスマップ」を提唱し実践してきた。即ち、理科授業における教師の意図、子どもの学習、そして教授と学習の相互作用を教授・学習プロセスマップとして可視化して授業者にフィードバックする「理科授業構成支援システム（図2）」を構築して授業支援を行ってきた（小野瀬・佐藤，2018）。

このシステムでは、理科授業で見られる「教師の意図」と「子どもの学習」の様態を分析の視点として示し、それらを教授・学習プロセスマップに記載することで可視化できるように受講者に促す。作成した教授・学習プロセスマップに基づく授業実践後に、授業者へ実際の教授過程や子どもの学習の様態をフィードバックすることで、授業者が理科授業デザインを省察

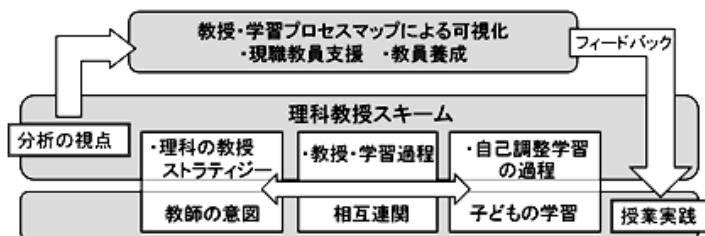


図2 理科授業構成支援システム

する一助となるものであった。

そこで本研究では、子どもの深い科学的概念の理解、汎用的に活用できる知識の構築を目指して教授・学習プロセスマップを発展させ、理科授業デザインの視点の導出につなげて行こうと考えた。その為に本研究は、以下に掲げる3つの柱より構成することとした。

第1の柱：子どもの科学概念の変容過程

第2の柱：理科授業における教師の判断行動

第3の柱：教授と学習の関連

即ち、第1の柱は子どもの学習に焦点を当て、第2の柱では教師の教授行動に焦点を当てた。第3の柱は、子どもの学習と教師の教授行動の関係として整理したのである。以下に3つの柱について論考し、理科授業デザインの視点を導出することとする。

### 3.1 子どもの科学的概念の変容過程

第1の柱は子どもの科学概念の変容過程への注目である。前述したように、科学的概念が生まれたプロセスと共に獲得した知識は、子どもが初めて遭遇する課題でも柔軟に適用できる汎用的な知識の獲得につながるということである。ここで言うプロセスとは、単に説明によって得られた知識ではなく、子ども自身が体験や実感をともなって問題解決活動を行うなどしながら科学的概念に辿りついたと思えることである。よって、科学者が科学概念（規則性、法則性）を導き出すために辿ったことと同じように、子どもが問題解決の過程を経て科学的な概念に到達する授業デザインの視点が必要である。こうした活動において子どもは、科学者がそうであったように常に自らの動機に基づいた学習を進める必要がある。

#### 3.1.1 学習動機を伴う

Pintrich,P.R. らは、子ども個々の学習に対する価値意識や期待感、そして学習の成果から生まれる自己効力感といった学習に関わる動機を「学習を動機づける信念（motivational beliefs）」として、表1に示したように説明した（Pintrich,P.R.,2000）。さらにPintrich,P.R. らは、子どもは学習を動機づける信念に裏付けられて、認知的方略の使用や学習の進捗状況の調整といった自己調整的学習を具体的なストラテジーを駆使しながら進めていると指摘している（Pintrich,P.R.,De Groot,E.V, 1990）。

言い換えれば、子どもが学習動機に裏付けられて自己調整的に学習を進めている様態は学びそのものが深く、その結果として得られる科学的概念の理解も深いものにつながると考えられるのである。よって、子どもが自己調整的に学習を行っているとき、子

もは学習を動機づける信念に基づき、自己調整学習のストラティジーを駆使しながら学習を進めている様態をみることができるのである。このように学習を動機づける信念と自己調整学習の相互作用の関係（図3）として子どもの学びの深さを見ることができる。

筆者らは、Pintrich, P. R. らの理論を援用して子どもの科学概念構築における「学習を動機



図3 学習を動機づける信念と自己調整学習のストラティジーの関係

表1 学習を動機づける信念と自己調整学習のストラティジー

学習を動機づける信念 (motivational beliefs)
A: Self-Efficacy (自己効力感) ・学習をうまく進められるという確信
B: Intrinsic Value (内発的な価値意識) ・学習に対する価値意識の保持
C: Test Anxiety (テスト不安) ・意味ある成果をもたらせようとする意識
自己制御的学習のストラティジー (Self-Regulated Learning Strategies)
D: Cognitive Strategy Use (認知的方略の使用) ・D1: 自分の言葉に言い換える ・D2: 情報を結合しようとする ・D3: 記憶しやすくするように学習したことを復唱する ・D4: 学習を概括する
E: Self-Regulation (学習の進捗状況の調整) ・E1: 学習課題を自問自答する ・E2: 学習課題を遂行するために受容すべき情報の質について考える ・E3: 学習課題を遂行するために必要な情報を吟味する

づける信念」と「自己調整学習のストラティジー」の相互作用の実態を明らかにして理科の学習モデルを提起した（図4）（小野瀬・森本，2007）。

このモデルは、本研究において子どもの概念変容の過程の評価、そして科学概念の理解の深さ、知識の汎用性を評価する視点である。即ち、子どもが学習を進める時の表現から、認知的方略の使用や学習の進捗状況の調整といった自己調整学習のストラティジーを読み取ることで、

学習を動機づける信念に裏付けられた学習と読み取ることができるのである。つまり、自己調整学習のストラティジーの使用が学習に対する動機付けとの関連から学習の深さを読み取る指標の一つと

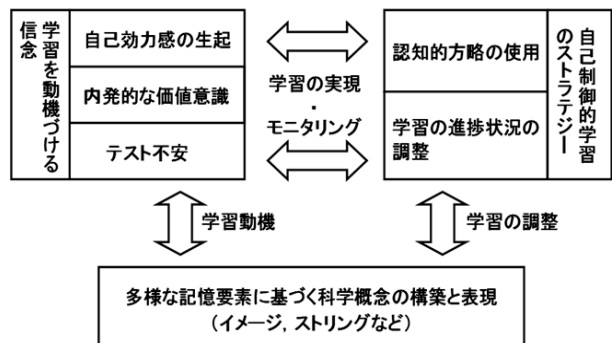


図4 理科の学習モデル

なり得るのである。

### 3.1.2 科学的な概念の更新

構成主義に基づく理科授業では、子どもが自ら科学概念を構築するという学習観に立脚している。即ち、素朴概念やミスコンセプションなどと言われてきた元々の子

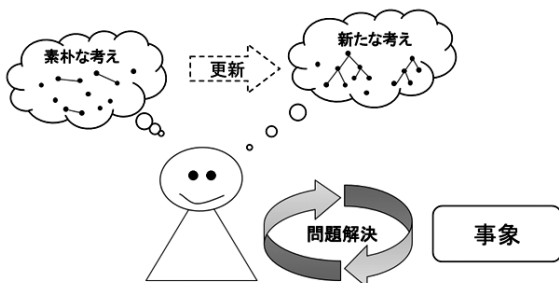


図5 子どもの科学概念の更新

どもの考えが学習の始まりである。そして、学習の後に子どもなりに科学概念の構築に辿り着く。この時、子どもが保持している科学概念の内容や質は多様である。従って教師は、現下の子どもの科学的概念の質を見極める必要がある。更に教師は、学習後に子どもが構築する科学的概念を志向した授業をデザインする必要がある。

図5は、子どもの科学概念の更新のイメージである。ここでは子どもが、自然事象を問題として問題解決を行いながら素朴な科学的考えを、彼らなりの新たな科学的な考えに更新するというイメージをモデル化したものである。このように子どもが科学概念を更新(変換)ための条件として例えば Posner らは、以下を挙げている (Posner,G.J.et.al, 1982)。

- ・概念への不満があること (dissatisfaction)
- ・新しい概念への最小限の理解がある (minimally understood)
- ・新しい概念に対する納得可能性があること (Plausible)
- ・新しい概念を受け入れることでの実り豊かさ (fruitfulness)

次節で述べるように、教師はこうした子どもの認知的特性を念頭に理科授業をデザインする必要がある。

### 3.2 理科授業における教師の判断行動

第2の柱は、理科授業における教師の判断行動の指標である。図6は形成的評価に焦点をあて、教師が子どもの科学的概念構築を支

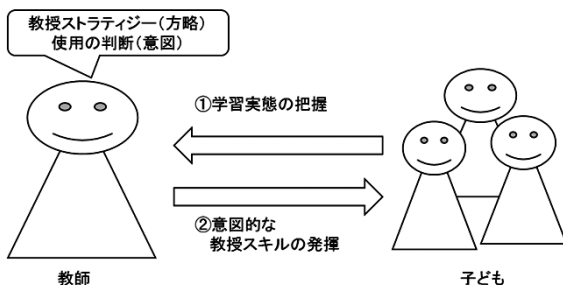


図6 理科授業での教師の判断行動モデル

援する様子をモデル化したものである。即ち、教師が子どもの学習実態を把握して、意図をもって教授ストラテジーを選択し、具体的な教授スキルとして発揮する様子を表している（小野瀬，2015：20）。

筆者らは、理科授業における教師が為す判断行動について Claxton, G. (2000) が示すカテゴリーを援用し、以下に挙げる 6 つの「理科の教授ストラテジー」を提起して検証した (森本・小野瀬, 2004)。

- I 「見通し」—専門的な熟達性 (expertise)
- II 「子どもの学習状況についての理解 (把握)  
—潜在的な学習の発掘 (implicit learning)
- III 「明確なカテゴリーに基づく指導の内容と方法についての意思決定」  
—判断 (judgement)
- IV 「学習の文脈に対して敏感であり、多様な指導の方法を考え実施する」  
—感受性 (sensitivity)
- V 「学習者の変容, 概念構築」  
—創造性 (creativity)
- VI 「授業の「反省的見直し」「再構成」」  
—反芻 (rumination)

更に、これを埋め込んだ「教師の教授活動調整モデル」(図7)を作成して教師の教授活動を分析し、その有用性を実証した(小野瀬, 2015: 21)。図7は以下のように説明

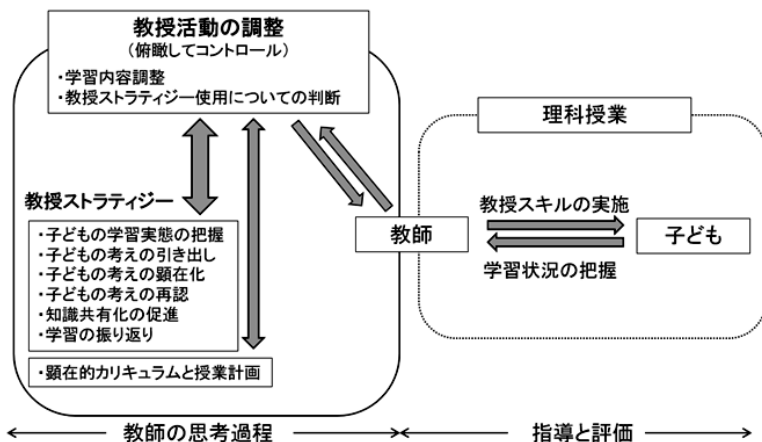


図7 教師の教授活動調整モデル（一部改変）

される。即ち、教師は子どもの学習状況を見とり、教授ストラテジーのうち、「顕在的カリキュラムと授業計画」を参照しながら、他の6つの教授ストラテジーを実行すると考えられるのである。

このように教師は、子どもの科学概念構築を実現させるために、「子どもの学習状況」と「教授ストラテジー」を俯瞰してコントロール（メタ認知制御）しながら、且つ教授活動の具体として「教授スキル」を発揮していると考えられる。本研究において、教師の意図的な教授活動をデザインする視点である。

### 3.3 教授と学習の関連

第3の柱は、教授と学習の関連である。即ち、教師の意図的な教授活動とそれに呼応する子どもの自己調整学習を捉える枠組みである。筆者らは、生活科の自然分野において「生活科自然分野の授業における教授・学習モデル」（図8）を作成しその有用性を実証した（藤森・小野瀬，2018：367-369）。図8は、生活科自然分野の授業の中で、教師と子どもがどのように教授・学習を行っているのかをモデル化したものであり、解釈は以下のものである。

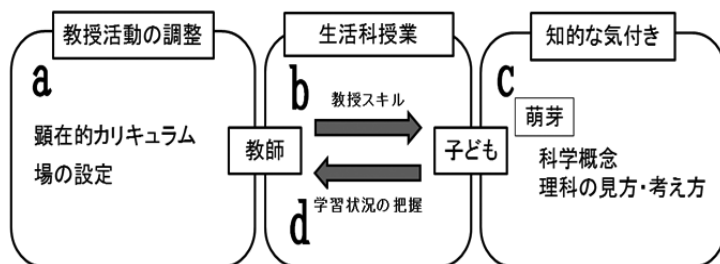


図8 生活科授業における教授・学習モデル

まず、教師は、学習指導要領や指導計画といった顕在的カリキュラムのもと、子どもの知的な気づきの萌芽を目指して活動や体験を意図的に設定し、教授活動の調整を行う（図中a、以下同じ様に記す）。そして、子どもに対して教授スキルを発揮することで、子どもの学びを支援する（図中b）。こうした教師の教授活動を受け、子どもは科学的な事象や対象について気づき、考えをもつ。即ち、科学概念の萌芽や理科の見方・考え方につながる子どもの気づきである（図中c）。さらに、教師は子どもがどのようなことに気付いたのか見とり（学習状況の把握）、価値づける（図中d）。

このように、教授・学習モデルを用いて授業を捉えることは、具体的な活動を通して



子どもの気付きの質を高める指導の明晰化につながると考えられる（藤森・小野瀬, 2018: 368-369）。本研究で完成を目指す授業デザインの枠組みと軌を一とするものであり、理科授業への援用が考えられる。

#### 4. 3つの柱に基づく理科授業デザインの構想

前章で述べた第1の柱から第3の柱に基づく授業実践を実現するために授業デザインの具体として「理科の教授・学習プロセスマップ」の改良を検討する。本章では、その基本的な考え及び今後の検討課題について述べる。

教授・学習プロセスマップとは、構成主義的な視点から理科授業の分析枠組みとして筆者らが開発したものである。図9は、小野瀬・佐藤（2018）で開発した教授・学習プロセスマップにおける課題を改善していくために、教授・学習プロセスマップで検討が必要な項目に①～⑥の番号を付したものである。以下に項目①～⑥における課題についてまとめた。

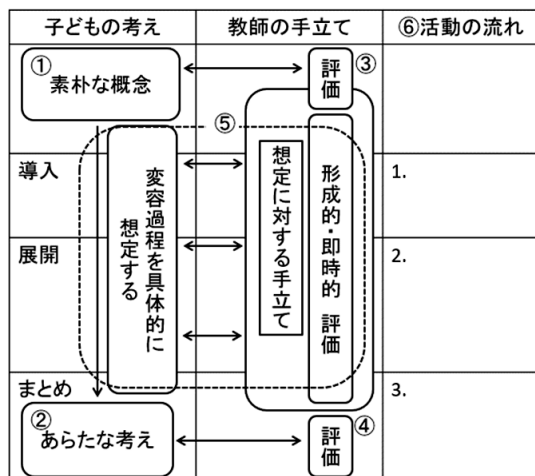


図9 理科の教授・学習プロセスマップ

##### 1. 素朴な概念とその評価

理科の各単元におけるベースとなる子どもの素朴な概念（図中①）及びその評価方法（図中③）の検討が必要である。

##### 2. あらたな考えとその評価

再構築された子どもの科学的な考え（図中②）、及びその評価（図中④）の検討が必要である。具体的には再構築された科学的な概念の深さ、汎用性の評価に関する知見の収集と分析である。

##### 3. 子どもの考えの変容過程の想定と教師の手立て

子どもの概念変容の想定とそれに対する教師の手立て、即ち形成的・即時的な評価の方法（図中⑤）の検討が必要である。具体的には、子どもの素朴な科学的概念の変容を促す(子どもの学びを進行させる)要因の分析とその特定が必要である。学習動機、



社会的な学びなどからのアプローチが考えられる。

#### 4. 「学習の流れ」の欄の必要性の検討

これまでの実践研究から、教師が授業構想を行う場合、その展開の構想は、「導入～展開～まとめ」(図中⑥)という流れで考えられていた。また、このことが一般的であったことから、教師もこの手順を踏む傾向にあった。しかし、子どもの科学概念変容を第一の目標に掲げる場合、この欄の必要性そのものを検討する必要がある。即ち「導入～展開～まとめ」という視点がプラン先行型の授業構想がベースになっていると考えられるのである。よって、この欄そのものの必要性について、実践教員の意見等も参考にしながら検討する必要がある。

以上1～4の検討を行い、その結果を子どもの概念変容のプロセスの構想、即ち理科授業デザインの具体として例えばこれまでの学習指導案に替わるものとして提案する必要がある。

#### 5. 今後の課題

理科教授・学習プロセスマップの改良の具体として、考えられるのは学指導案への反映である。一般的な理科の学習指導案の構成は例えば以下のようなものである。「単元名、単元のねらい、単元の内容、単元の評価規準、指導と評価の計画(単元の指導計画)、本時案(本時の展開)」<sup>(1)</sup>。理科の教授・学習プロセスマップは、単元としてのまとめ(単元の指導計画)に適用する場合、小単元(本時案の本時の展開)に適用する場合が考えられる。

また、学校教育現場での理科授業への適用以外にも、教員養成段階での学生の指導への適用が考えられる。具体的には、教科教育における学習指導案の作成への適用である。こうした適用の事例を重ね、理科の教授・学習プロセスマップを精緻化してより実践的な理科の授業をデザインする為のツールとしていくことが今後の課題である。

#### 附記

本研究は、JSPS 科研費 19K02713 研究代表 小野瀬倫也 研究課題名「子どもの深い科学概念構築を志向した理科授業デザイン支援に関する研究」の支援を受けた。

#### 註

- (1) 主に平成 23 年に文部科学省から発行された「小学校理科の観察、実験の手引き」に掲載されている単元ごとの指導計画の項目を参考にした。

## 引用文献

- Claxton, G. (2000) : The anatomy of intuition, T. Atkinson & G. Claxton (eds.) in *The Intuitive Practitioner*, Open University Press, p.40
- 藤森詩穂・小野瀬倫也 (2018) 「理科への発展を志向した生活科における教授・学習モデルの実証的研究」日本理科教育学会『理科教育学研究』 Vol.58, No.4, pp.367-379
- 森本信也・小野瀬倫也 (2004) 「子どもの論理構築を志向した理科の教授スキームの分析とその検証」日本理科教育学会『理科教育学研究』 Vol.44, No.2, pp.59-70
- 文部科学省 (2017a) 「教育公務員特例法等の一部を改正する法律等の施行について (通知)」別添 6, Retrieved from [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/nc/\\_icsFiles/afieldfile/2017/04/05/1384191\\_6\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/_icsFiles/afieldfile/2017/04/05/1384191_6_1.pdf) (accessed 2019.11.11)
- 文部科学省 (2017b) 「教育公務員特例法等の一部を改正する法律等の施行について (概要)」, Retrieved from [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houan/kakutei/detail/icsFiles/afieldfile/2016/12/09/1380290\\_01.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/houan/kakutei/detail/icsFiles/afieldfile/2016/12/09/1380290_01.pdf) (accessed 2019.11.11)
- 文部科学省 (2017c) 『小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編』 p.1, 東洋館出版社
- 小野瀬倫也 (2015) 「理科授業における教授スキルの分析と検証」臨床教科教育学会『臨床教科教育学会誌』 Vol.15, No.3, pp.19-27
- 小野瀬倫也・森本信也 (2006) 「子どもの科学概念構築と学習に対する動機づけとの関連に関する研究」日本理科教育学会『理科教育学研究』 Vol.46, No.3, pp.1-11
- 小野瀬倫也・佐藤寛之 (2018) 「子どもの科学概念構築を促す授業デザイン支援システムの検討ー授業改善事業での実践を通してー」国士館大学『初等教育論集』第 19 号, pp.18-31
- Pintrich, P.R. (2000) : The Role of goal orientation in self-regulated learning. In Boekaerts, M., Pintrich, P.R., & Zeidner, M. (Eds.) 2000 *Handbook of self-regulation*. Academic Press, pp.451- 502
- Pintrich, P.R., De Groot, E.V. (1990) : Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance, *Journal of Educational Psychology*, Vol.82, No.1, pp.33 - 40
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., and Gertzog, W.A (1982) : Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, pp.211- 227